



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2020

---

## **Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess und kritische Gedanken zur gegenwärtigen Situation der Neurowissenschaft**

Valavanis, Antonios

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-199813>

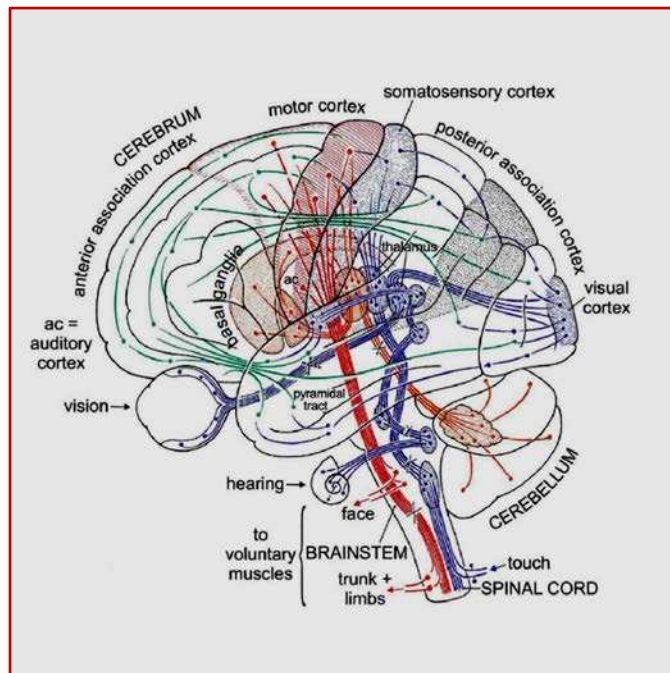
Monograph

Published Version

Originally published at:

Valavanis, Antonios (2020). Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess und kritische Gedanken zur gegenwärtigen Situation der Neurowissenschaft. Zürich: Klinisches Neurozentrum.

# Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess und kritische Gedanken zur gegenwärtigen Situation der Neurowissenschaft



Zweite erweiterte Ausgabe

von  
Anton Valavanis

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Klinisches Neurozentrum, Universitätsspital Zürich

### **Copyright**

Copyright © 2020 Klinisches Neurozentrum, Universitätsspital Zürich, 8091 Zürich, Schweiz

### **Gestaltung**

Susanna Sigg, Klinisches Neurozentrum, Universitätsspital Zürich

### **Text**

Anton Valavanis, Klinisches Neurozentrum, Universitätsspital Zürich

### **Titelbild**

The «wiring» of the human brain (Nieuwenhuys 1992)

### **Druck**

N+E Print AG, Bahnhofstrasse 23, 8854 Siebnen

### **Auflage**

200

### **Adresse**

Klinisches Neurozentrum  
Zentrumsadministration  
Frauenklinikstrasse 10, 8091 Zürich  
Telefon +41 44 255 56 20  
neurozentrum@usz.ch, susanna.sigg@usz.ch

### **Website**

[www.neurozentrum.usz.ch](http://www.neurozentrum.usz.ch)

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
Von der Hess'schen Bescheidenheit zur gegenwärtigen Neuroeuphorie ....	5
Unübersichtlichkeit der modernen Neurowissenschaft.....	9
Zuerst sichere Anatomie, dann funktionell-physiologische Deutung.....	23
Die euphorische Überbewertung der Deutungsmacht der Bilder in der modernen Neurowissenschaft .....	29
Neuroeuphorie versus Neuroskeptizismus beim Schlaganfall.....	31
Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess und die Zürcher Schule der Neurowissenschaft .....	35
Nachwuchsförderung in der Neurowissenschaft .....	37
Literatur .....	39



## Einleitung\*

«Ich glaube wir müssten uns darin finden, dass in unserer Welt vieles sich entwickle und existiere, was unserem Verständnis nicht zugänglich sei; denn unser Hirn sei in erster Linie darauf angelegt, das Überleben des Individuums in seiner natürlichen Umwelt zu sichern. Es sei nicht so organisiert, dass es seine eigene Arbeitsweise völlig analysieren könne. Jenseits der Effekte seiner Tätigkeit, die sich erforschen lassen, sei bescheidenes Schweigen die angemessene Haltung».

Mit diesen Worten beendete Walter Rudolf Hess eine längere und kritische Diskussion über die Funktion des Gehirns mit seinem Kollegen Professor Hans Fischer, dem damaligen Direktor des Pharmakologischen Institutes der Universität Zürich, welche im Jahr 1973 stattfand und in der Zeitschrift *Perspectives in Biology and Medicine* veröffentlicht wurde<sup>12</sup>.

Unverkennbar ist dabei die Parallelität zwischen der bescheidenen Hess'schen Grundhaltung und derjenigen des anderen Nobelpreisträgers aus dem Gebiet der Neurowissenschaft, Santiago Ramon y Cajal, der die Grenzen der Erforschung des Gehirns in seiner, an die angehenden Neurowissenschaftler gerichteten, berühmten Abhandlung «Advice for a young investigator» aus dem Jahre 1897, wie folgt formuliert hat: «*Our brain is an organ of action that is directed toward practical tasks; it does not appear to have been built for discovering the ultimate causes of things, but rather for determining their immediate causes and invariant relationships. And whereas this may appear to be very little, it is in fact a great deal*»<sup>16</sup>.

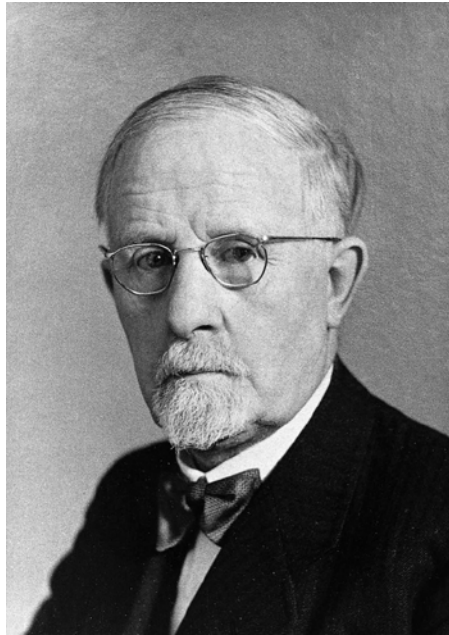
---

\*Dieser Beitrag ist die überarbeitete Fassung eines Artikels, welcher erstmals in der Festschrift des Klinischen Neurozentrums des Universitätsspitals Zürich, anlässlich des 70 Jahre Jubiläums der Verleihung des Nobelpreises an den Pionier der Zürcher Neurowissenschaft Professor Walter Rudolf Hess, veröffentlicht wurde (Valavanis A.: *Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess und kritische Gedanken zur gegenwärtigen Situation der Neurowissenschaft*. In: Valavanis A. und Borbély A.: *Walter Rudolf Hess, Leben und Werk*. Hrsg.: Klinisches Neurozentrum USZ, Kohler Medien AG, Zürich, 2019, pp. 177-185)

Damit wurde eine skeptische Denkrichtung etabliert, welche während der eindrucklichen Weiterentwicklung der Neurowissenschaft zur bescheidenen Einsicht führte, dass je mehr die Hirnforschung an neuen, teils revolutionären Erkenntnissen offenlegt, desto mehr realisieren die daran seriös beteiligten Forscher, dass die grossen bzw. letzten Fragen zum Gesamtverständnis der integrativen strukturell-funktionellen Arbeitsweise des Gehirns als des Hegemonikon des menschlichen Körpers nicht beantworten kann.

Die von der Hirnforschung erzielten Fortschritte, die in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts erzielten neurotechnologischen Innovationen, wie insbesondere die Einführung der modernen bildgebenden Verfahren, der Erfolg des Genomprojektes und die Entwicklung der molekularen Neurobiologie, lösten bei einem Teil der neurowissenschaftlichen Gemeinschaft eine derartige Begeisterung aus, die mit der Initiierung des vom Präsidenten der USA 1990 ausgerufenen 'Super-Projektes', des sog. Jahrzehnts des Gehirns, den Anspruch erhob das Gehirn vollständig zu erforschen und dadurch auch seine Erkrankungen zu heilen. Damit wurde eine neue Denkrichtung in die Neurowissenschaft eingeführt, die bis heute andauert. Über den so entstandenen Konflikt zwischen dem bescheidenen Neuro-Skeptizismus von Cajal und Hess und der neuen spekulativen Neuro-Euphorie und dessen Auswirkungen auf die Weiterentwicklung der Neurowissenschaft handelt der vorliegende Beitrag.

## Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess



Prof. Dr. med. Walter Rudolf Hess (17.3.1881-12.8.1973)

Protagonist der Zürcher Neurowissenschaften, Nobelpreis für Medizin oder Physiologie, 1949

«Ich glaube wir müssten uns darin finden, dass in unserer Welt vieles sich entwickle und existiere, was unserem Verständnis nicht zugänglich sei; denn unser Hirn sei in erster Linie darauf angelegt, das Überleben des Individuums in seiner natürlichen Umwelt zu sichern. Es sei nicht so organisiert, dass es seine eigene Arbeitsweise völlig analysieren könne. Jenseits der Effekte seiner Tätigkeit, die sich erforschen lassen, sei bescheidenes Schweigen die angemessene Haltung».



## Building the Brain from Big Data

EU Scientists Kick Off \$1.6 Billion Human Brain Project



## Human Brain Project

The mega brain projects announced by the US President and European Commission in 2013 offer new initiatives for developing innovative neurotechnology, but the prospect of effective therapies for brain disease remains uncertain.

*„Anyone who loves practice without theory is like a sailor going aboard ship without rudder or compass and having no idea where he is going“.*

*Leonardo da Vinci*

## Von der Hess'schen Bescheidenheit zur gegenwärtigen Neuroeuphorie

Vier Jahrzehnte später, im Oktober 2013, kündigte die Europäische Kommission die Lancierung des 1 Milliarde Euro schweren 'Human Brain Project' an<sup>11,14,20</sup>. Dieses ambitionierte Projekt hat sich als Ziel die Entschlüsselung der strukturell-funktionellen Organisation des menschlichen Gehirns und seiner Erkrankungen auf der Grundlage einer zu schaffenden extensiven informations-technologisch gewichteten Forschungsinfrastruktur gesetzt. Das Projekt wurde von der ETH Lausanne (EPFL) initiiert und beteiligt mehr als 100 Institutionen in 24 Ländern<sup>1,20</sup>. Angesichts seines Ausmasses, seiner Zielsetzung und der ausgelösten Euphorie in breiten Teilen der neurowissenschaftlichen Gemeinschaft, wurde es, in Anlehnung an den von Galison 1992 eingeführten Begriff 'Big Science', mit dem neugeschaffenen, wie einer Deutungsallmachtphantasie anmutenden, Begriff 'Big Neuroscience' gekoppelt<sup>3,7,22</sup>. Trotz begründeter Kritik, geäußert seitens prominenter Neurowissenschaftler, wurde das Projekt mit gewissen methodologischen Anpassungen fortgeführt<sup>2,5,6,8,13,17,18</sup>.

Begonnen hatte diese von Optimismus begleitete Entwicklung mit dem Ausrufen des 'Jahrzehnts des Gehirns' durch den damaligen Präsidenten der Vereinigten Staaten George H. W. Bush im Juli 1990. Ziele waren die umfassende Erforschung des Gehirns und seiner Erkrankungen, was zu deren Heilung oder mindestens zu deren Linderung führen sollte<sup>30</sup>. Eine Beurteilung der erzielten Ergebnisse am Ende des Jahrzehntes veröffentlicht in der Zeitschrift *Science* fällt eher bescheiden aus: «*Even when a cure or effective treatment does not yet exist, as in Alzheimer's disease, the attention attracted by recent breakthroughs such as those in stem cell research and the genetics of Parkinson's disease has induced a clear expectation that treatments are not too far away. Identification of the pathophysiology underlying chronic brain and mind disorders has also helped to reduce the stigma attached to these conditions*»<sup>31</sup>. Dennoch hat diese Initiative die Proklamation ähnlicher Projekte in verschiedenen Ländern wie Japan, China, Indien, Korea, Deutschland, u.a., ausgelöst und im Jahr 2013 zur Ausrufung des oben erwähnten *Europäischen Human Brain Project* geführt. Wenige Wochen später folgte die Proklamation des mit rund 3 Milliarden Dollar zu finanzierenden *Brain Activity Map Project* oder *BRAIN Initiative* durch den

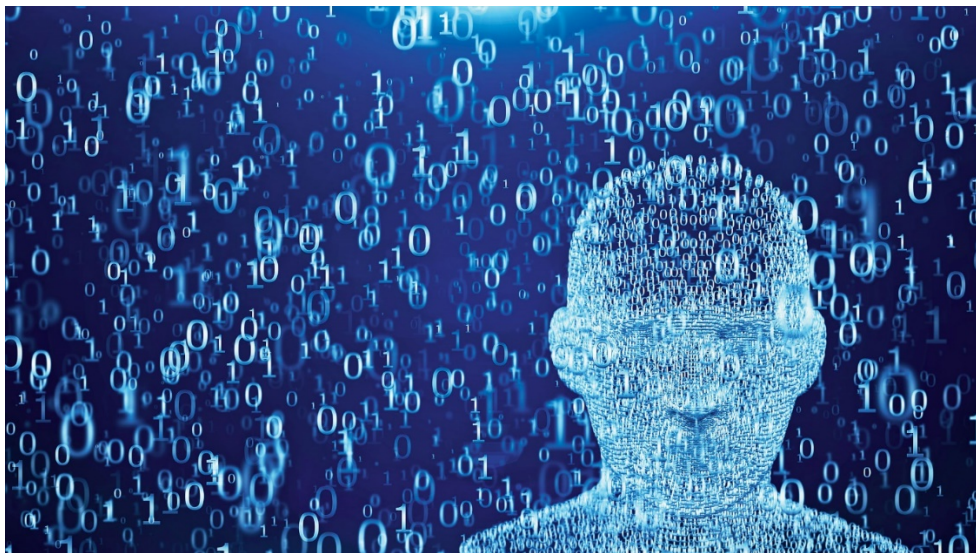
## **Von der Tugend der skeptischen Bescheidenheit hin zum fröhlichen Optimismus**

### **Human Brain Project: A Program for the New Millenium**

Understanding the brain and all of its functions is truly one of the great challenges of the 21<sup>st</sup> Century.

Neuroscience will benefit in terms of maximizing the investment in research and in reaching the final goal of understanding nervous system function in health and disease.

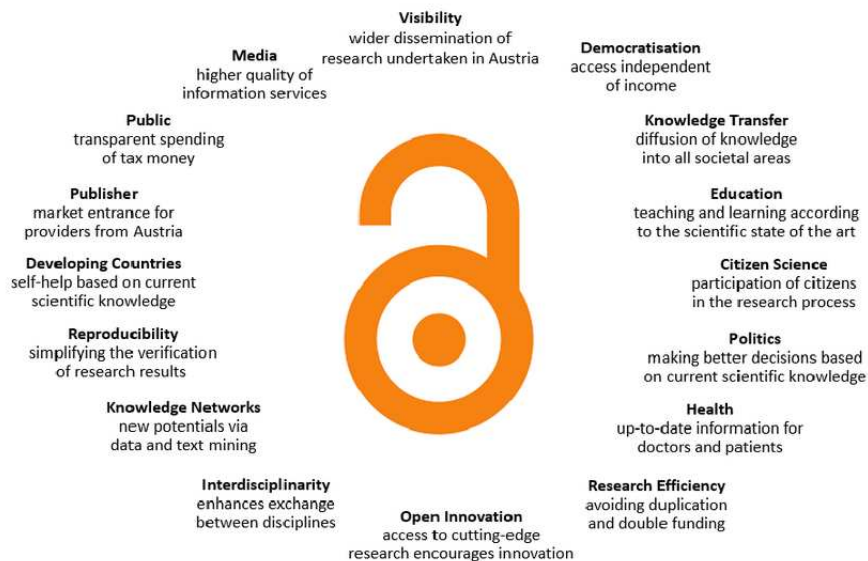
*(Koslow SH and Hyman SE. Einstein J. Biol. Med. 2000; 17: 7-5)*



**Why do we need a computer that will mimic the human brain?**

damaligen Präsidenten der USA Obama mit den erklärten Zielen unser Verständnis über das menschliche Gehirn zu revolutionieren (!), die US-Wirtschaft zu befeuern und einen Abdruck in der Geschichte zu hinterlassen – ähnlich dem Apollo-Mondlandeprogramm der 1960er Jahre oder dem Genomprojekt der 1990er Jahre<sup>32,67</sup>. Prämisse des Milliardenprojektes «Human Brain Project» der ETH Lausanne ist, dass man das Gehirn verstehen könne, wenn man es im Computer modelliere. Das Projekt sieht vor, die bisher bekannten biologischen Regeln des Gehirns in das Modell zu inkorporieren, um so das gesunde wie das kranke Gehirn simulieren zu können. Diese Initiativen wurden sogar als „mega brain projects“ definiert. Dies obwohl die grundlegendsten Fragen wie beispielsweise die zwischenzeitlich akquirierten, sich teilweise widersprechenden, Hunderttausenden neurowissenschaftlichen Datensätze, die von der neuronalen molekularen Struktur bis zur cerebralen Systemebene reichen, zu einem einheitlichen Gehirnmodell vereinigt werden sollen<sup>61</sup>. Diese Vorgehensweise im *Human Brain Project* hat Felix Hasler in seiner Streitschrift „Neuromythologie“ wie folgt beschrieben: „Man hat zwar keine Ahnung, wo man hinrennt, tut dies aber immer schneller“<sup>61</sup>. Unweigerlich erinnert man sich an den Aphorismus des berühmten Malers und Anatomen Leonardo da Vinci (1452-1519): „Anyone who loves practice without theory is like a sailor going aboard ship without rudder or compass and having no idea where he is going“. In einer umfassenden Analyse der Konzeption dieser Projekte kommt Poo (2014) zu folgender kritischen Schlussfolgerung: «The mega brain projects announced by the US President and European Commission in 2013 offer new initiatives for developing innovative neurotechnology, but the prospect of effective therapies for brain disease remains uncertain<sup>33</sup>». Ungeachtet der geäußerten Kritik wurden beide Initiativen als die treibenden Kräfte eines *New century of the brain* bezeichnet<sup>22</sup>. Bei Persistenz dieser in Teilen der neurowissenschaftlichen Gemeinde proliferierenden euphorischen Haltung kann extrapoliert werden, dass nach dem Jahrzehnt des Gehirns der 1990er Jahre (The decade of the brain) und dem anschliessenden Jahrhundert des Gehirns der 2010er Jahre (The new century of the brain) bald das Jahrtausend des Gehirns (The new millenium of the brain) anbrechen wird.

## Vorteile des Open Access Publishing oder einträchtiges Geschäftsmodell für kommerzielle Anbieter?



## Unübersichtlichkeit der modernen Neurowissenschaft

Obwohl die moderne Neurowissenschaft dank ihrer wissenschaftlichen Durchbrüche, neurotechnologischen Innovationen und erheblichen klinischen Fortschritten in der Patientenbehandlung, sich vielschichtig entfaltet und unbestrittenerweise den Status einer medizinischen Leitdisziplin erreicht hat, ist sie mit gegenwärtig weit über 100.000 Publikationen pro Jahr unterschiedlicher Qualität und Relevanz nicht nur unübersichtlich sondern bedingt durch die modisch gewordenen 'Open Access'-Publikationen<sup>10</sup> in gewissen ihrer Teilbereiche anfechtbar geworden. Die katalysatorische Wirkung des Open Access Publishing auf die 'Produktion' neurowissenschaftlicher Publikationen zur Struktur und Funktion des Gehirns in der Periode 1968-2008, wird aus einer Analyse der an der London School of Economics and Political Science, UK, tätigen Ärztin und Medizinhistorikerin Joelle M. Abi-Rached, ersichtlich<sup>74,75</sup>. Im Jahr 1968 wurden 2020, im Jahr 1988 11.700 und im Jahr 2008 26'500 neurowissenschaftliche Publikationen veröffentlicht (zitiert nach Hasler F., 2013<sup>61</sup>). Open Access Publishing, wird als Durchbruch in der Geschichte des akademischen Publizierens zelebriert, weil damit vordergründig die wissenschaftliche Erkenntnis allen Interessierten frei zugänglich wird. Dabei wird allerdings in Kauf genommen oder gar ignoriert, dass Open Access zu einem einträchtigen Geschäftsmodell für kommerzielle Anbieter (Verlage, Dienstleister, Start-ups, *predatory publishers* usw.) geworden und somit der ökonomischen Verwertungslogik unterworfen ist, mit der Konsequenz, dass wissenschaftliche Qualitätskriterien im kommerziellen Open Access-Milieu zunehmend erodieren. Begleitet wird diese Entwicklung von der Gründung unzähliger wissenschaftlicher Zeitschriften, die wie Pilze aus dem Boden schießen und deren Verleger mit Rundmails an die neurowissenschaftliche Gemeinschaft unaufhörlich um die Gunst der Forscher buhlen. Laut dem Elsevier Brain Research Report aus dem Jahre 2014 wurden zwischen 2009 und 2013 1.790.000 neurowissenschaftliche Fachartikel in einer nicht mehr überschaubaren Zahl von Zeitschriften veröffentlicht. So kommt es, dass gleichermassen wichtige und irrelevante, ja sogar falsche Forschungsergebnisse in der ganzen Weltliteratur verstreut und nicht selten mangelhaft besprochen sind.



Prof. Dr. med. Constantin von Monakow (1853-1930),  
Pionier der Zürcher Neurowissenschaft

«Die Fülle des neu Dargebotenen, zumal in Gestalt von Einzelbeobachtungen, lässt dem Forscher kaum Zeit, sich mit letzteren genügend vertraut zu machen, geschweige denn sie auf ihren wirklichen Wert zu prüfen. Unter der fortgesetzten und hastigen Orientierung über die-ihrem Inhalt nach-so verschiedenen Leistungen anderer Autoren, leidet nicht selten die Übersicht über das Ganze, vor allem aber die eigene ausgereifte Produktivität, die ja bekanntlich ihren Ursprung vorwiegend aus eigenen Beobachtungen und Erfahrungen nimmt und durch fremde Gedankengänge eher gestört als gefördert wird.»

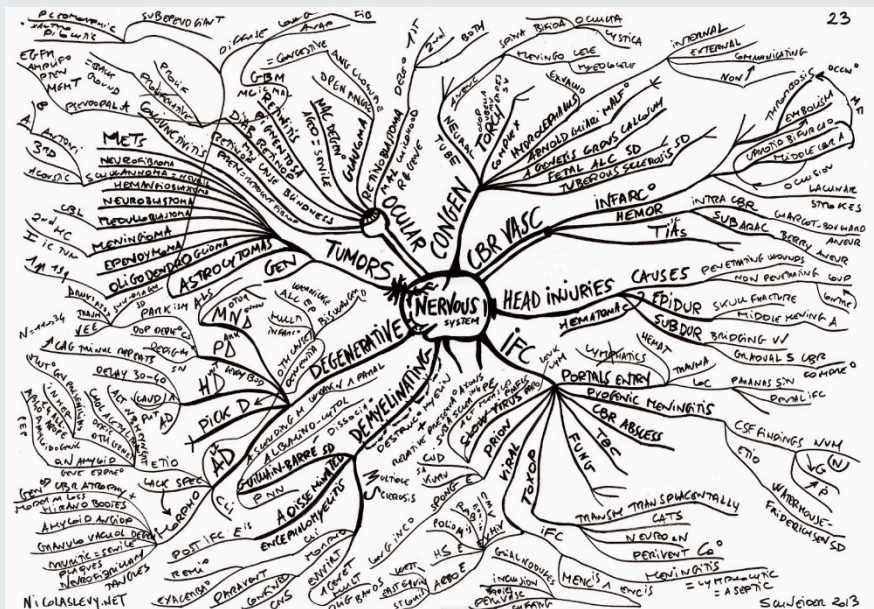


Vielsagend ist auch der stereotype Schlusssatz in den meisten Studien *«Weitere Studien sind notwendig um unsere präliminären Ergebnisse zu bestätigen»*. Die zunehmende Veröffentlichung fragwürdiger, nicht replizierter oder falscher Forschungsergebnisse betrifft gleichermassen die theoretische wie die klinische Neurowissenschaft. In einer vielbeachteten statistisch-analytischen Studie aus dem Jahr 2005, kam der Medizinstatistiker John Ioannidis von der Tufts University School of Medicine, Boston, Massachusetts, sogar zum Schluss, dass die Mehrzahl der veröffentlichten Ergebnisse von Neuro-Studien falsch sind und Button et al. (2013) zeigten wie nicht erkannte, falsche oder auf geringe statistische Aussagekraft beruhende Ergebnisse die Reliabilität der Neurowissenschaft unterminieren<sup>46,47</sup>. In einer Metaanalyse der statistischen Aussagekraft neurowissenschaftlicher Studien betrug diese durchschnittlich 0.2, während erst bei einem Wert von 0.8 von einem sicheren Effekt ausgegangen werden kann. Ein weiterer Grund ist der mittlerweile weit verbreitete Usus meist nur noch die positiven und möglichst spektakulären Forschungsergebnisse in den Fachzeitschriften zu veröffentlichen. Der Anteil der veröffentlichten Neurostudien mit falsch positiven Ergebnissen wird derzeit auf mehr als 80% geschätzt. Demgegenüber werden, gemäss Angaben des Deutschen Cochrane Zentrums in Freiburg, rund 50% von klinischen Studien mit negativen oder nicht eindeutigen Ergebnissen nicht veröffentlicht. Damit wird aber auch die Freiheit der Wissenschaft oft als die Freiheit, nicht zu publizieren, fehlinterpretiert. So entstehen in der Neurowissenschaft vorübergehende 'Konjunkturströmungen', die gelegentlich sogar als, die Forschung fehlleitende, Dogmen weiter bestehen.

Die Unübersichtlichkeit der Neurowissenschaft ist allerdings kein neues, sondern ein akzentuiertes Phänomen, auf welches bereits im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts der damalige Direktor der psychiatrischen Klinik Burghölzli, August Forel, hingewiesen hat. In der Beurteilung der Dissertationsarbeit von Monakows 1881 hielt er fest: *«... und gratuliere ich Ihnen herzlich für die schöne, umsichtige und von scharfer und wahrer Kritik zeugende Arbeit. Derartige gibt es eben in dem immer mehr anschwellenden Meere des Papierdruckes nicht gar viele, und sie werden leider zu sehr in diesem Ocean des schwulstigen 'Schwafel' ertrinken. Umso mehr freut man sich, schöne Arbeiten zu treffen.»* Dieses Phänomen wurde später vom Begründer der Zürcher Neurowissenschaften Constantin von Monakow ebenfalls identifiziert und als Gefahr für die Weiterentwicklung des Gebietes



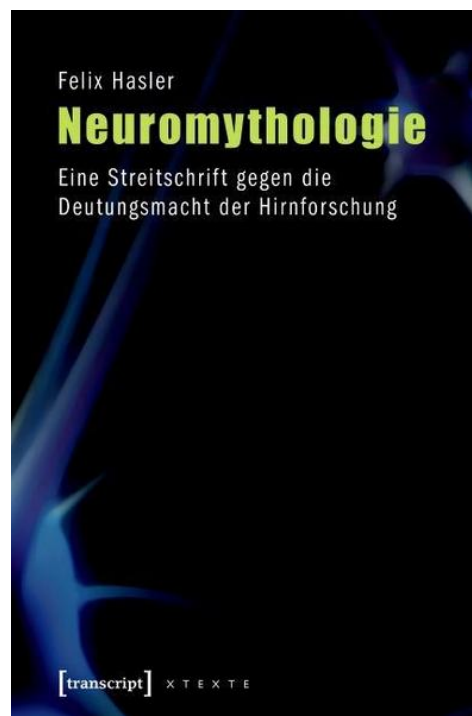
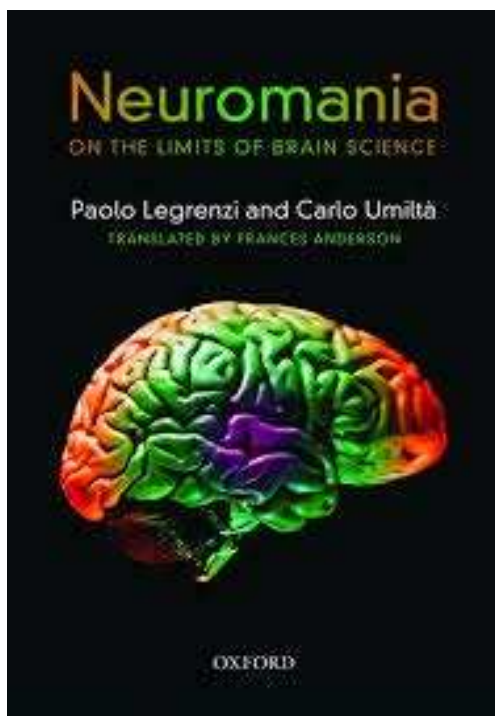
## Unübersichtlichkeit und Komplexität der Neuro-Nosologie



More than 1,000 disorders of the brain and nervous system result in more hospitalizations and lost productivity than any other disease group, including heart disease and cancer.

erkannt. In seinem berühmten Referat, vorgetragen an der 5. Versammlung der Schweizerischen Neurologischen Gesellschaft am 29. April 1911 in Aarau und welches anschliessend in der von ihm gegründeten Zeitschrift «Arbeiten aus dem Hirnanatomischen Institut in Zürich» (Heft VI, 1912, pp. 1-27) veröffentlicht wurde, hält er diesbezüglich fest: *«Wie auf allen Gebieten der Medizin, so häuft sich heute auch in der Hirnlehre rastlos Stoff auf Stoff an. Wer auf diesem Gebiete selbsttätig mitarbeitet und nicht zurückbleiben will, muss dem Studium der Literatur übermässig viel Zeit opfern. Die Fülle des neu Dargebotenen, zumal in Gestalt von Einzelbeobachtungen, lässt dem Forscher kaum Zeit, sich mit letzteren genügend vertraut zu machen, geschweige denn sie auf ihren wirklichen Wert zu prüfen. Unter der fortgesetzten und hastigen Orientierung über die -ihrem Inhalt nach- so verschiedenen Leistungen anderer Autoren, leidet nicht selten die Übersicht über das Ganze, vor allem aber die eigene ausgereifte Produktivität, die ja bekanntlich ihren Ursprung vorwiegend aus eigenen Beobachtungen und Erfahrungen nimmt und durch fremde Gedankengänge eher gestört als gefördert wird»*. In ähnlicher Weise drückte sich Hess 37 Jahre später, als er auf Anregung und Einladung des damaligen Rektors, am 1. November 1949 einen Vortrag in der Aula der Universität Zürich, anlässlich des Festaktes zur Feier der Verleihung des Nobelpreises für Medizin und Physiologie hielt. Er schloss den Vortrag mit einer persönlichen und bescheidenen Begründung wie seine Forschungstätigkeit zur für ihn überraschenden Verleihung des Nobelpreises führte: *«Der gezeichnete Entwicklungsgang verlief scheinbar so programmgemäss, dass man an die Realisierung eines von Anfang an disponierten Planes denken möchte. Es ist aber nicht so. Führend war von Schritt zu Schritt einzig der Vorrang des Interesses, welchem, wie es scheint, eine logische Induktion eigentümlich ist. Soweit bewusster Wille im Spiele war, betrifft dies die Ablehnung, mich nach Konjunkturströmungen zu richten, und im Kampfe mit einer widerstrebenden Feder nicht nachzugeben.»*<sup>27</sup> Die evidente Parallelität der Ansichten Forels, von Monakows und Hess' zeigt wie sich über die Jahre ein für die Zürcher Neurowissenschaft charakteristischer Denkstil entwickelt und durch deren Nachfolger bis in unsere Zeit weitergeleitet hat. Wesentlich dazu beigetragen haben die Medizinische Fakultät und die Erziehungsdirektion des Kantons Zürich, welche mit ihren weissen Entscheidungen in der Ausbauphase der Zürcher Neurowissenschaften herausragende Schüler und engste Mitarbeiter als Nachfolger der Gründergeneration zu berufen wussten.

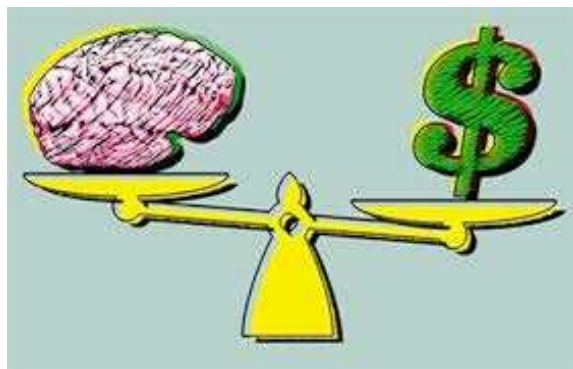
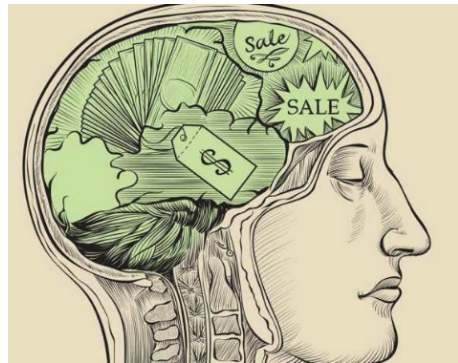
## Die Neurowissenschaft im Spannungsfeld zwischen Neuromanie und Neuromythologie



Dies betrifft zum Beispiel die Berufung des Neurologen Mieczyslaw Minkowski (1933) als Nachfolger von Constantin von Monakow, des Hirnforschers Konrad Akert (1961) als Nachfolger von Walter Rudolf Hess, des Neurochirurgen M. Gazi Yasargil (1973) als Nachfolger von Hugo Krayenbühl und des Neuroradiologen Anton Valavanis (1984), der zwar keinen Vorgänger hatte aber wissenschaftlich und klinisch im Zürcher neurowissenschaftlichen Umfeld aufgewachsen war<sup>38,39,40</sup>.

Die oben erwähnte Unübersichtlichkeit beschränkt sich mittlerweile keinesfalls nur auf eine überbordende, nicht mehr überschaubare und vielfach fragwürdige Publikationserzeugung als Symptom der Wissenskultur von publish or perish, was nicht zuletzt mit Finanzierung und Existenzdruck zu tun hat und häufig mit einer forschersischen Sucht nach Sensationen gekoppelt ist, sondern umfasst auch die arbiträr wachsende 'subdisziplinäre' Zusammensetzung der Neurowissenschaft, die rasant wachsende Zahl von selbsternannten Neurowissenschaftlern, den inflationären Gebrauch der Vorsilbe „Neuro“, und die jahrmärktähnliche Gestaltung neurowissenschaftlicher Kongresse. Treffend haben Hagner und Borck (1999/2006)<sup>43</sup> diese Entwicklung wie folgt beschrieben: *«Die grossen Fragestellungen verstellen – bei aller qualitativer Bedeutung – den Blick dafür, dass die Neurowissenschaften eine heterogene Wissenschaftslandschaft darstellen, die keinen allgemeinen Überblick erlaubt. Wer die Jahrestagungen der American Association for Neuroscience mit ihren mehr als 30'000 Teilnehmern besucht und sich den zahllosen Themengebieten zuzuwenden versucht, wird wohl noch bemerken, dass die von den Vertretern der verschiedenen Disziplinen – Anatomie, Physiologie, Neurologie, Psychiatrie, Molekularbiologie, Biochemie, Physik, Statistik, Computerwissenschaften, Linguistik, Psychologie usw. – vorgestellten Forschungen zwar alle in irgendeiner Weise um das Gehirn oder ein anders Nervensystem situiert sind; doch man kann mit gutem Grund daran zweifeln, dass sie alle es mit ein und demselben oder sogar einem einheitlichen Forschungsgegenstand zu tun haben. Auch solche Mammuttagungen vermögen die Neurowissenschaft nur noch als Jahrmarkt der Unübersichtlichkeiten zusammenzuhalten»*<sup>43</sup>. Hagner weist in diesem Zusammenhang auch darauf hin, *«dass die verschiedenen Forschungszweige innerhalb der Neurowissenschaften trotz solcher gemeinsamer Veranstaltungen bis zur gegenseitigen Verständnislosigkeit auseinanderdriften»*<sup>43</sup>.

## Neuro-Ökonomie: Eine von vielen Bindestrich-Neurowissenschaften





Charakteristisch für diese Entwicklung ist auch der stattgehabte Wandel, vom Singular zum Plural, in der Bezeichnung der Disziplin: aus der Leitdisziplin 'Neurowissenschaft' und ihrer interagierenden Subdisziplinen ist ein loser, nur beschränkt interdisziplinär zusammenarbeitender Verbund der 'Neurowissenschaften' geworden. Auch ist nicht zu übersehen, dass im Zuge dieser (Fehl)-Entwicklung viele Wissenschaftler, deren Fachdisziplin eigentlich nichts mit Hirnforschung zu tun hat, die Neurowissenschaft für sich entdeckt haben und folglich es kaum noch eine Forschungsdisziplin gibt, die sich nicht mit der Vorsilbe «Neuro-» schmücken und modernisieren liesse. Solche bereits etablierte Neuro-Wissenschaften sind u.a. die Neuro-Philosophie, Neuro-Epistemologie, Neuro-Soziologie, Neuro-Ökonomie, Neuro-Theologie, Neuro-Ethik, Neuro-Ästhetik, usw. Mit dem modischen Andocken von Fremddisziplinen an die Neurowissenschaft wird nicht nur die Unübersichtlichkeit verstärkt sondern auch die Essenz der Ursprungsdisziplin Neurowissenschaft verwässert.

Das mittlerweile etablierte Phänomen, dass klinik-orientierte und grundlagen-basierte neurowissenschaftliche Forschung auch von Nicht-Neurowissenschaftlern betrieben wird, hat der Neuropsychologe Lutz Jäncke von der Universität Zürich treffend wie folgt thematisiert: *«Das Bemerkenswerte [...] ist, dass hier Vertreter von Disziplinen, die nicht aus der Hirnforschung kommen, die Neurowissenschaft für sich entdecken. Man könnte vielleicht schon wehmütig festhalten, dass es Zeiten gab, in denen Hirnforscher dieses Fach noch studierten und eine Ausbildung in Neuroanatomie, Neurophysiologie oder Pharmakologie absolvieren mussten, um dann als Hirnforscher wissenschaftlich zu arbeiten. Heute hat man den Eindruck, dass jeder, der eine Bildungsstudie durchführt oder durchführen lässt, bereits ein Hirnforscher sei oder zumindest in die Nähe der Hirnforschung einsortiert wird.»*<sup>60</sup> Bindestrich-Neurowissenschaftler haben auch längst erkannt, dass ihre Chancen auf eine Forschungsfinanzierung ganz beträchtlich steigen, wenn im Forschungsantrag etwas mit dem Begriff «Neuro» erscheint. Besonders ausgeprägt ist diese Praktik auf dem Gebiet des Neuroimaging<sup>61</sup>.

DISCOVRS  
DE  
MONSIEVR STENON,  
SVR  
L'ANATOMIE  
DV CERVEAV.

A  
MESSIEVRS DE  
*l'Assemblée, qui se fait chez  
Monsieur Theuenot.*

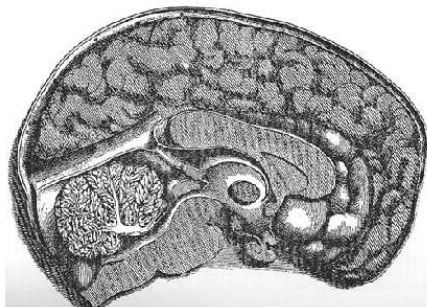


A PARIS;  
Chez ROBERT DE NINVILLE, au bout du Pont  
S. Michel, au coin de la rue de la Huchette,  
à l'Ecu de France & de Navarre.

M DC. LXIX.  
AVEC PRIVILEGE DV ROT.

Fig. 2 Title page of Stensen's work on the brain, *Discours sur l'anatomie du*, 1669

1669



Nicolaus Steno (1638-1686)

[Aus Tubbs RS et al. The bishop and anatomist Niels Stensen (1638 – 1686) and his contributions to our early understanding of the brain. *Childs Nerv Syst* (2011) 27:1-6]

Mit seiner eingangs zitierten Aussage, de facto sein Vermächtnis, hat der bescheidene Hirnforscher Hess eine Skepsis in die und eine Haltung gegenüber der Neurowissenschaft hineingetragen, die der Mehrheit der prominenten Neurowissenschaftlern der Gegenwart im unentwirrbaren Dickicht der Unübersichtlichkeit der sog. 'Big Neuroscience' abzugehen scheint oder bereits abgegangen ist. Es scheint als ob die Verfechter der 'Big Neuroscience' der Illusion verfallen sind zu einem allumfassenden, perfekten Bild einer schönen neuen Neurowelt hinsteuern zu können, in welchem der Eindruck erweckt wird, als wollte man mit diesem Ansatz alle Belange des menschlichen Gehirns in das Korsett von Molekülen, Genen, Stammzellen, Transmittern, Synapsen, Impulsen und neuronalen Verschaltungen stopfen<sup>9</sup>.

Solche Änderungen der Grundhaltung und des Denkstils sind in der 2.500-jährigen Entwicklungsgeschichte der Neurowissenschaft wiederholt vorgekommen<sup>9</sup>. So vertrat beispielsweise der Philosoph René Descartes Mitte des 17. Jahrhunderts in seinem 12 Jahre nach seinem Tod erschienenen Werk 'De homine' (1650) die Ansicht, dass alle Funktionen des Gehirns mit Hilfe seiner Maschinentheorie vollständig verstanden werden können<sup>4</sup>. Descartes' optimistischer Haltung gegenüber der Erforschung des Gehirns wurde einige Jahre später vom dänischen Anatomen und Naturforscher Nicolaus Steno in seiner Abhandlung zur Anatomie des Gehirns (1669) mit folgender Stellungnahme entgegnet:

*«Es wäre ein grosses Glück für die Menschheit, wenn dieses Organ, das, von allen am feinsten gebaut, sehr häufig gefährlichen Krankheiten ausgesetzt ist, ebenso gut erkannt würde, wie viele Philosophen und Anatomen es sich vorstellen. Nur wenige von ihnen drücken sich mit derselben Ehrlichkeit aus wie Sylvius, der über das Gehirn nie ohne Vorbehalt spricht, obwohl er sich mit ihm mehr befasst hat als irgend jemand den ich kenne. Die Zahl derer, denen nichts schwierig vorkommt, ist zweifellos viel grösser. Die Leute, die so prompt Behauptungen aufstellen, werden Ihnen eine Beschreibung des Gehirns und der Lage der einzelnen Teile mit derselben Sicherheit geben, als wären sie beim Bau dieser wunderbaren Maschine zugegen gewesen und in alle Pläne des grossen Baumeisters eingeweiht worden»<sup>19</sup>.*





Santiago Felipe Ramón y Cajal, (1852-1934)  
Nobelpreis für Medizin oder Physiologie, 1906

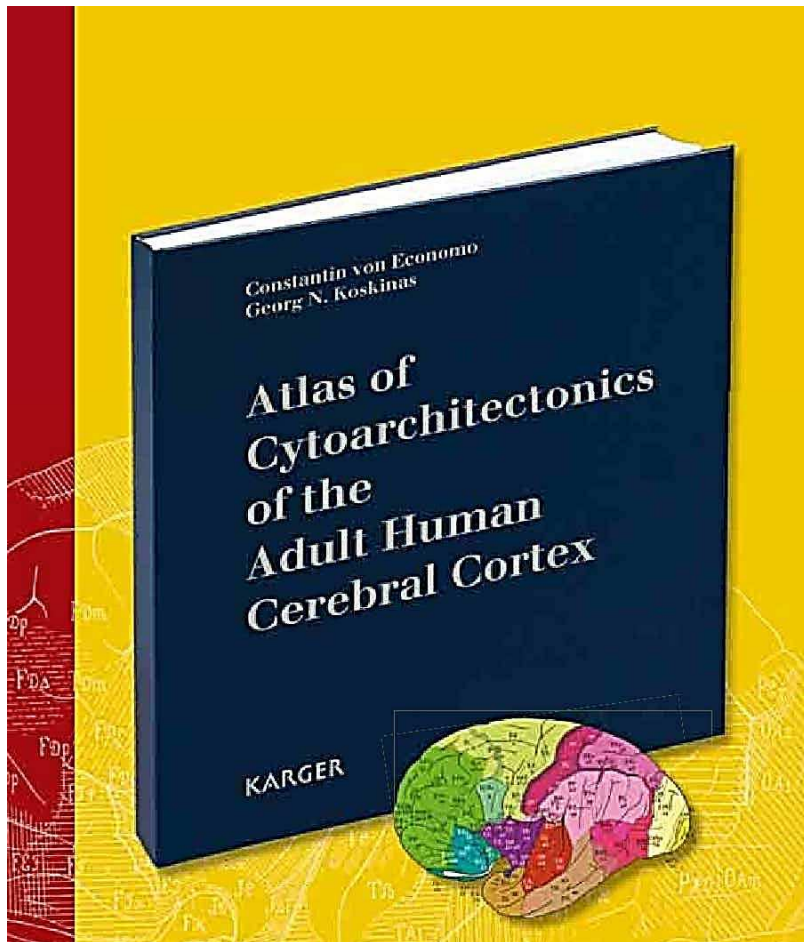
«The complexity of the nervous system is so great, its various association systems and cell masses so numerous, complex, and challenging, that understanding will forever lie beyond our most committed efforts»<sup>16</sup>

und

«As long as our brain is a mystery, the universe, the reflection of the structure of the brain, will also be a mystery»

Die von Steno eingeleitete kritisch-skeptische Haltung fand ihren nächsten Kulminationspunkt mit Santiago Ramon y Cajal, dem eigentlichen Begründer der modernen Neurowissenschaft und gemeinsam mit Camillo Golgi Nobelpreisempfänger für Medizin oder Physiologie (1906), der gegen Ende seiner langen Forschungstätigkeit festgehalten hat:

«The complexity of the nervous system is so great, its various association systems and cell masses so numerous, complex, and challenging, that understanding will forever lie beyond our most committed efforts»<sup>16</sup> und «As long as our brain is a mystery, the universe, the reflection of the structure of the brain, will also be a mystery»<sup>23</sup>.



“As a general principle, each physiological function presupposes a corresponding anatomical basis. From the precise knowledge of the structure of the cerebral cortex we may expect to shed light on issues of the utmost importance, such as the relationship between mental attributes and brain structure.”

## Zuerst sichere Anatomie, dann funktionell-physiologische Deutung

Zum Vermächtnis von Hess gehört, neben der Haltung der skeptischen Bescheidenheit, auch der Hinweis auf die Priorität der Erforschung der Struktur vor derjenigen der Funktion als essenzielle methodologische Voraussetzung zum Verständnis der von der Hirnarchitektur abhängigen funktionellen Organisation des Gehirns. Die strikte Anwendung dieses Fundamentalprinzips der Hirnforschung hat es ihm ermöglicht eine präzise morphologische Unterteilung und damit eine Kartographie des Zwischenhirns zu erstellen, die die Zuordnung der durch die Elektrodenstimulationen evozierten unterschiedlichen funktionellen Reaktionen zu den spezifischen anatomischen Untereinheiten des Zwischenhirns und so zur Entschlüsselung der komplexen, multifunktionellen Organisation des Zwischenhirns und zur Verleihung des Nobelpreises führte<sup>42</sup>. In seiner Autobiographie beschreibt er diese Forschungsmethodologie wie folgt:

*«Since required accuracy can never be achieved on the basis of electrode placements alone, microscopic control of serial histologic sections of each experimental brain is necessary. Three atlases composed of photomicrographic reproduction of serial sections cut perpendicularly to each other gave invaluable assistance in the topographical analysis of stimulation sites. In addition, these atlases served to register in each individual case the histological finding as well as to prepare cumulative map files of all points stimulated during the many years of investigative work. Cross-references among these three standard atlases allowed localization of each site of stimulation in all three planes, thereby providing three-dimensional registration, which in many cases was indispensable to demonstrate the relation between topographical and functional organization»<sup>26</sup>.* Auf diesem Fundamentalprinzip neurowissenschaftlicher Forschungsmethodologie hat als erster der oben erwähnte Nicolaus Steno in seiner berühmten kritischen Rede über die Anatomie des Gehirns, gehalten 1669 in Paris, hingewiesen. Im Abschnitt IV dieser Rede entwirft er ein «Neues Programm für die Hirnanatomie» und hält mit Nachdruck fest:

«Zuerst sichere Anatomie, dann funktionell-physiologische Deutung».

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts kam der Dichter und Naturforscher Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) im Rahmen seiner ausgiebigen naturwissenschaftlichen Studien zur Evolutionstheorie zur Erkenntnis, dass:

«Also bestimmt die Gestalt die Lebensweise des Thieres,  
Und die Weise zu leben, sie wirkt auf alle Gestalten mächtig zurück»<sup>34,35</sup>

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, der Blütezeit der klassischen Neurowissenschaft, bekräftigte Bernhard von Gudden, der erste Direktor der 1870 eröffneten psychiatrischen Klinik Burghölzli und Lehrstuhlinhaber für Psychiatrie an der Universität Zürich, in seiner im Jahr 1886 veröffentlichten klassischen Arbeit «Ueber die Frage der Localisation der Functionen der Grosshirnrinde» diese Maxime mit dem Satz:

«Zuerst also Anatomie und dann Physiologie, wenn aber zuerst Physiologie, dann nicht ohne Anatomie»<sup>24</sup>.

Auch der Begründer der Zürcher neurowissenschaftlichen Schule und Mitbegründer der Neurologie überhaupt, Constantin von Monakow, hielt 1912 diesbezüglich fest: *«Sie alle wissen, dass für das Studium von krankhaften Hirnerscheinungen (einschliesslich der höchsten) einzig die Anatomie die ganz feste Basis liefert und dass unsere Kenntnisse über normale und pathologische Seelenzustände im nämlichen Umfang an Festigkeit und Klarheit gewinnen, in welchem die physiologisch-anatomische Hirnforschung eine feinere Ausgestaltung und Vertiefung erfährt.»*<sup>37</sup>

Auch die Hirnforscher und Neuroanatomen der klassischen Epoche der Neurowissenschaft wie Ramon y Cajal, Korbinian Brodmann, Constantin von Economo, Georg Koskinas, sowie Cecile und Oskar Vogt befolgten dieses Grundprinzip in ihrer Forschungsarbeit. So hielt beispielsweise Koskinas, der mit von Economo das klassische Werk "Die Cytoarchitektonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen, 1925" entwickelt hatte, diesbezüglich 1931 folgendes fest:

*“As a general principle, each physiological function presupposes a corresponding anatomical basis. From the precise knowledge of the structure of the cerebral cortex we may expect to shed light on issues of the utmost importance, such as the relationship between mental attributes and brain structure.”*<sup>44, 45</sup>

Und zu Beginn der modernen Ära der Entwicklung der Neurowissenschaft hat der australische Neurophysiologe, Philosoph und Nobelpreisträger des Jahres 1963, Sir John Eccles die Notwendigkeit der Befolgung dieses Forschungsprinzips mit folgenden Worten bekräftigt:

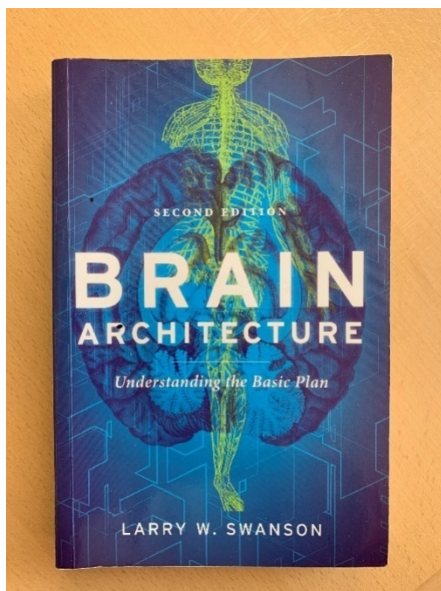
*«In the nervous system, we physiologists are more dependent upon what the anatomists tell us than we are anywhere else»<sup>25</sup>.*

Der zeitgenössische und einer der führenden Exponenten der molekularbiologischen und genoarchitektonischen Erforschung der Evolution des Gehirns, Luis Puelles, weist mit Nachdruck auf die Notwendigkeit der primären Erforschung der Struktur des Gehirns als Voraussetzung für die nachfolgende Zuordnung der Funktion, die ein Derivat und somit ein Epiphänomen der Struktur ist:

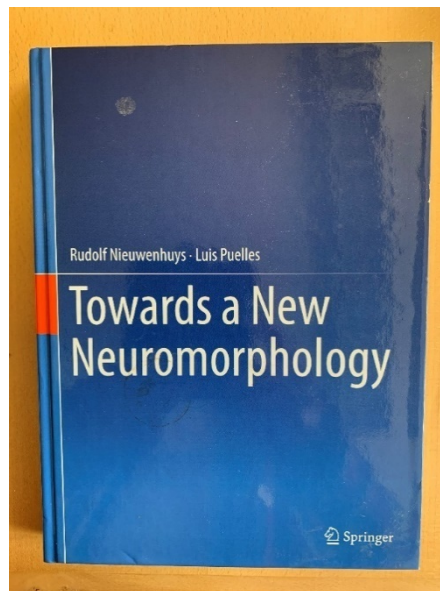
*«...function is irrelevant because it is context-dependent and epiphenomenal relative to brain structure»<sup>36</sup>.*

Als ein herausragendes Paradigma der Befolgung dieses Prinzips und dessen Anwendung in die klinische Neurowissenschaft ist die Entwicklung der Mikroneurochirurgie durch M. Gazi Yasargil, was das Gebiet der Neurochirurgie revolutioniert und die Zürcher Klinik für Neurochirurgie zur Weltgeltung geführt hat. Die, mit Blickwinkel auf den zu wählenden chirurgischen Zugang zur atraumatischen Erreichung des von einer bestimmten Erkrankung befallenen Gehirns und deren vollständige Entfernung, detaillierte Erforschung der komplexen und variantenreichen, phylogenetisch abgeleiteten Hirnanatomie gekoppelt mit der Überzeugung, dass jede Stelle des Gehirns eine funktionelle Bedeutung hat und damit zu schonen ist, bildet die Grundlage der Yasargilschen Mikroneurochirurgie. Ihre Anwendung am Patienten erfordert Behutsamkeit und Präzision des chirurgischen Tuns und ständigen Respekt vor dem menschlichen Gehirn<sup>41</sup>.

## Hirn-Architektur und neue Neuromorphologie bilden die Voraussetzung zum Verständnis der Hirnfunktion



2012



2016

***«A great deal remains to be learned about the brain and spinal cord, a task that will take centuries, not years, to complete».***

***Santiago Ramon y Cajal (1909)***

***“Niemals werden wir mit der Erforschung des Lebens endgültig abschliessen, und wenn wir einen vorläufigen Abschluss zeitweise versuchen, so wissen wir sehr wohl, dass auch das Beste, was wir geben können, nicht mehr bedeutet als eine Stufe zum Besseren».***

***August Weismann (1913)***

Die Fortschritte, welche in den letzten zwei Jahrzehnten durch die Integration von neuen soliden Erkenntnissen der molekular-neurobiologischen, der neurogenetischen, phylo- und ontogenetischen Erforschung des Gehirns erzielt wurden, führten zum Entwurf eines integrativen Bauplanes der Hirnarchitektur und zur Konzeption einer neuen Neuromorphologie. Sie bilden die Grundlage und damit die *conditio sine qua non* zum Verständnis der zerebralen Funktion. Zwei der Protagonisten dieser Entwicklung fassen ihre Ergebnisse wie folgt zusammen:

*«We feel that the contribution of the new neuromorphology to the eventual understanding of brain functions lies mainly in the insistence on increasingly precise [anatomic] parcellations and maps of each brain part, eschewing any simplistic analysis, since it stands to reason that functional studies can in no way achieve ultimate success by leaving out of consideration elements of the brain [structural] machinery». Rudolf Nieuwenhuys & Luis Puelles, 2016*

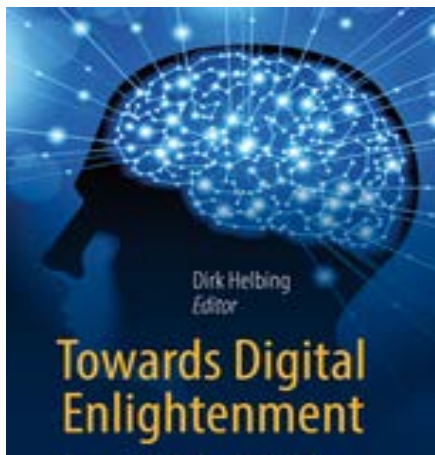


## Deutungsallmachtphantasie in der Neurowissenschaft am Beispiel der funktionellen Magnetresonanz

### Will Neuroscience Radically Transform the Legal System?

Brain scans may help us read minds and assign responsibility better.

Neuroscience, fueled by biomedical research funding and impelled by the moral desire to relieve human suffering, will learn things about the workings of our brains that will spill over from medicine to society, and to law (*New America Foundation and Arizona State University*)



## Die euphorische Überbewertung der Deutungsmacht der Bilder in der modernen Neurowissenschaft

Während der letzten zwei Jahrzehnte ist allerdings in Teilen der neurowissenschaftlichen Gemeinschaft eine Abweichung von diesem fundamentalen Forschungsprinzip festzustellen. Diese Tendenz lässt sich beispielsweise an der Anwendung der sog. funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) beobachten. Mit dieser Methode wird die minimale Erhöhung der Durchblutung und damit der Sauerstoffzufuhr in einer 'Hirnregion' gemessen. Die so gemessene und dann mit komplizierten mathematischen Operationen in allen möglichen Farbvarianten visualisierte Aktivität lässt sich mit erhöhter neuronaler Aktivität korrelieren, allerdings mit einer bislang nicht genau bestimmbarer zeitlichen Verschiebung und ohne präzise Korrelation mit der betreffenden anatomischen Hirnstruktur. Die Faszinationskraft, die von dieser und ähnlichen Visualisierungsmethoden ausgeht, verdrängt die Tatsache, dass sie lediglich den Eindruck vermitteln, neue Fenster zur Funktionsweise des Gehirns und damit auch zum geistigen Leben, ja sogar zum sozialen Verhalten des Menschen zu öffnen. Die Euphorie und der Optimismus, welche die Anwendung der bildgebenden Verfahren und der neuen Hightech-Hirnforschungsverfahren in einem grösseren Teil der forschenden neurowissenschaftlichen Gemeinde, aber auch bei Forschenden benachbarter und entfernter Gebiete, wie der Psychologen, Sozialforscher, Ökonomen, Kybernetikern, Philosophen, Ethikern, Theologen, Wissenschaftshistorikern, Journalisten ausgelöst haben, beflügelte die unverkennbare Sichtweise, dass man auf dem Weg ist die komplexe Funktionsweise des Gehirns zu entschlüsseln und auf dieser Grundlage auch psychische Störungen, psychiatrische Erkrankungen, kriminelles Verhalten, ökonomische Entscheidungen oder spirituelle Erfahrungen in absehbarer Zeit als biologische Phänomene erklären könnte. Viele der so abgeleiteten pseudoneurowissenschaftlichen Befunde werden voreilig, überzogen oder falsch in den Medien, ja sogar in den Homepages der betroffenen Institutionen dargestellt. Damit entsteht eine verwässernde Popularisierung der Neurowissenschaft, die in historischer Perspektive an die spekulative und dubiose Doktrin der Gallschen Phrenologie des frühen 19. Jahrhunderts erinnert. Die in den letzten Jahren erfolgte Verschiebung des Akzentes der Hirnforschung mit Prioritätssetzung in die Hirnfunktion lässt sich am objektivsten in der Literatur erkennen. Eine Literaturrecherche des Autors im Pubmed ergab für die Periode 1990-2019 219'700 Publikationen zur fMRT

des Gehirns gegenüber 19'760 Publikationen zur strukturellen MRT des Gehirns. In einer Analyse von Anders Eklund und Mitarbeitern vom Department of Biomedical Engineering, Linköping University, Schweden hat ergeben, dass abhängig von den verwendeten Analyseschritten, welche für die Auswertung von fMRT-Daten eingesetzt werden, es bis zu 70% falsch positiven Ergebnissen kommen kann<sup>48</sup>. In einer neulich in der Zeitschrift Nature erschienenen Publikation hat ein Kollektiv von 70 Forscherteams die Ergebnisse der Untersuchung der Reliabilität, Signifikanz und Variabilität der fMRT-Rohdaten von 108 Probanden, die die gleiche Aufgabe durchführten, berichtet.<sup>49,50</sup> Aufgrund der von den Teams für die Datenanalyse verwendeten unterschiedlichen Programmen und Parameter für die Auswertung des gleichen Datensatzes, kam es zu einer Variabilität der Ergebnisse von bis zu 37%. Diese, zu Fehlbeurteilungen führende Variabilität und damit zur fragwürdigen Reliabilität der fMRT Methode, ist auf die Verfügbarkeit vieler unterschiedlicher methodologischer Möglichkeiten für jeden Verarbeitungsschritt, man spricht von einem hohen Freiheitsgrad des Forschers, zurückzuführen. Nach der initialen Euphorie, welche die Einführung der fMRT anfangs der 1990er Jahre ausgelöst hat und die folgende rasche, vom Optimismus und damit gekoppelt von einer unkritischen Haltung begleiteten Ausbreitung der Methode in der klinischen und theoretischen sowie besonders in der kognitiven Neurowissenschaft, die erheblich, meist voreilig und ohne selbstkritische Reflexion der eigenen Resultate, zur oben erwähnten Unübersichtlichkeit beigetragen hat, sieht sich nun die neurowissenschaftliche Gemeinschaft einem wachsenden Skeptizismus ausgesetzt.

Hier sei nochmals und wie oben dargelegt, daran erinnert, dass Hess, für die Hirnforschung paradigmatisch, zuerst und abgekoppelt von der Funktion die detaillierte anatomische Unterteilung des Zwischenhirns erforscht und identifiziert hat um auf dieser Grundlage tierexperimentell die Funktionen des Zwischenhirns präzise zuzuordnen. Der umgekehrte Forschungsweg, zuerst Funktion und dann anatomische Zuordnung, hätte zu approximativen oder gar falschen Ergebnissen geführt.

## Neuroeuphorie versus Neuroskeptizismus beim Schlaganfall

Aus dem Gebiet der klinischen Neurowissenschaft sei hier exemplarisch das gegenwärtig hochaktuelle Thema «Schlaganfall» herausgegriffen. Die Einführung der neurointerventionellen Methode der mechanischen Thrombektomie anfangs der 2010er Jahre hat weltweit eine derartige Begeisterung, gekoppelt an hohen Erwartungen, in der Fachwelt ausgelöst, dass diese Methode innert kürzester Zeit zur primären invasiven Methode zur akuten Behandlung des Schlaganfalls avancierte. Begleitet wurde die Anwendung der Thrombektomie von einer Flut von mittlerweile mehr als 5'000 Publikationen aufgrund derer die Indikationsstellung zunehmend ausgeweitet und das Zeitintervall vom Auftreten der Symptome bis zum Eingriff verlängert wurde. Im Jahr 2015 wurden die Ergebnisse von fünf randomisierten, teils multizentrischen Studien zur mechanischen Thrombektomie veröffentlicht, welche die Wirksamkeit der mechanischen Thrombektomie bei nachgewiesenem Verschluss einer größeren Hirnarterie im Stromgebiet der Arteria carotis interna belegten, was für Patienten mit erheblichem neurologischen Defizit, insgesamt für 4–10 % aller Schlaganfallpatienten gilt. Eine kritische Nach-Analyse der Ergebnisse zeigte jedoch eine Reihe von offenen Fragen. Die Grenzen der Indikation für die Thrombektomie sind noch nicht im Detail definiert. Die Kriterien der Bildgebung sind nicht vollständig klar, insbesondere die maximale Größe des frühen ischämischen Ödems, aber auch der Umgang mit weiter distalen Verschlüssen der Arteria cerebri media, die sogenannten M2- und M3-Segmente. Zur mechanischen Thrombektomie bei Verschlüssen im Vertebralisstromgebiet fehlen Ergebnisse aus randomisierten Studien. Das maximale Zeitfenster für die mechanische Thrombektomie ist ebenso unklar wie das Vorgehen bei Betroffenen, bei denen der Schlaganfall im Schlaf aufgetreten und daher das Zeitfenster seit Symptombeginn unbekannt ist. Bei Letzteren ist noch nicht einmal erwiesen, unter welchen Bedingungen die intravenöse Thrombolyse indiziert ist. Auch Fragen zu technischen Spezifika der mechanischen Thrombektomie wie die Rolle der Aspirationsverfahren, die Wahl der Katheter, der Umgang mit proximalen Stenosen auf dem Weg zum intrakraniellen Verschluss, zum Beispiel in der Arteria carotis interna, und der Anästhesiemethode sind noch offen. Schließlich muss erwähnt werden, dass die Studien zur mechanischen Thrombektomie an Zentren mit großer interventioneller Erfahrung durchgeführt wurden. Damit sind die Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf jeden Standort übertragbar<sup>51</sup>. Eine spätere weitere

Metaanalyse der erwähnten, als Durchbruch gefeierten, Studien, aus dem Neurozentrum der Universität Calgary kam zur Schlussfolgerung: *“Despite marked improvement in clinical outcomes with mechanical thrombectomy in each one of these recent studies, dependency or death (an mRS score of 3–6) continued to be noted in as many of 67% of patients in the endovascular group, which equates to a huge margin for potential further improvement”*<sup>62</sup>.

Die Fokussierung auf den rein mechanischen Aspekt des Thrombektomieverfahrens führt bei denjenigen Neuro-Interventionalisten, welche nicht aus dem neurowissenschaftlichen Feld stammen- leider heute eine verbreitete Realität-, vielfach dazu, dass das zu öffnende Gefäß als eine starre Röhre betrachtet wird, aus welcher der Thrombus innert kürzester Zeit mit einem Katheter herausgesaugt oder –gezogen werden muss. Dabei wird ausser Acht gelassen, dass die Wand der zerebralen Arterien zellulär und molekularbiologisch hochkomplex organisiert ist, über arachnoidale Fasern parasymphatisch und sympathisch innerviert ist und mannigfaltig sowie unvorhersehbar auf endoluminale Manipulationen während der Thrombusentfernung reagiert. Auch wurden bisher die angiomorphologischen Veränderungen, welche durch die segmentale Verletzung oder sogar Abtragung der Endothelschicht während der Thrombektomie unvermeidlich erfolgen, histopathologisch nicht untersucht. Ferner wird der Variation der Konfiguration der A. cerebri media, der Variation des Ursprungs ihrer perforierenden Äste, der Lage des Thrombus zum Ursprung der perforierenden Äste wenig bis keine Beachtung geschenkt<sup>62</sup>. Ein weiteres Problem stellt die Beurteilung der Suffizienz der retrograden kollateralen Zirkulation, die eine hohe interindividuelle Variabilität aufweist und wie tierexperimentell gezeigt wurde, genetisch prädestiniert ist. Vom individuell variablen Ausmass der frühen Aktivierung und Rekrutierung des arteriellen, leptomeningealen Kollateralsystems hängt entscheidend die Viabilität der sog. Penumbra, also des hypoperfundierten neuronalen Gewebes mit beeinträchtigter Funktion aber noch intakten vaskulären, zellulären und molekularen Prozessen, welches den eigentlichen Infarkt umgibt, ab. Trotz der Einführung diverser Klassifikationssysteme bleibt die Beurteilung des Zustands der Kollateralen subjektiv und die Information, welche deren angiographische Darstellung liefert wird nicht gebührend für die Indikationsstellung und Wahl der Vorgehensweise genutzt, was u.a. zu vergeblichen Eingriffen führt. Bang et al. (2011) haben diesen Zustand treffend wie folgt formuliert: *«Collaterals at angiography are often considered an interesting curiosity and are not*

*typically used for decision making in endovascular management of acute ischemic stroke»<sup>63</sup>. Wenig bis kaum Beachtung findet auch die Menge des während der Thrombektomie verwendeten Kontrastmittels. Die während der mechanischen Thrombektomie repetitiv durchgeführten angiographischen Kontrollen führen zu einer zunehmenden Kumulation bzw. Stagnation des Kontrastmittels im hypoperfundierten Penumbraareal mit nachfolgender Extravasation des Kontrastmittels infolge der ischämiebedingten Störung der Blut-Hirn-Schranke. Die Interaktion der neurotoxisch<sup>64</sup> wirkenden Kontrastmittel mit den in der akuten Phase des Schlaganfalls in der Penumbra ablaufenden molekularbiologischen destruktiven, protektiven und reparativen Prozessen ist bisher, mit wenigen Ausnahmen<sup>65,66</sup>, kaum erforscht worden und wird meistens auch nicht bei der Durchführung des Eingriffes gebührend berücksichtigt. Folglich werden dem Primat um jeden Preis das verschlossene Gefäß zu eröffnen, alle anderen Begleitbetrachtungen verdrängt bzw. geopfert.*

Den aktuellen Stand der Schlaganfallforschung und deren Auswirkung auf die Behandlung des Schlaganfalls hat der renommierte Schlaganfallforscher K.-A. Hossmann vom Max Planck Institut für neurologische Forschung in Köln, wie folgt beurteilt: *“The number of research reports dealing with stroke amount to well over 8000 publications per year. However, up to now the combined effort of this research had little effect, at least as far as the efficiency of stroke therapy is concerned”<sup>63</sup>. Auch der renommierte Schlaganfallforscher der Wayne State University in Detroit, Donald J. Degraia, kam nach einer Reihe herausragender experimenteller und theoretischer Arbeiten zur ernüchternden Schlussfolgerung: *«Something is fundamentally wrong with the current conception of ischemic brain injury“* und zur simplen Feststellung: *«Brain ischemia is not a simple problem. If it was it would have already been solved”<sup>54-58</sup>. Unweigerlich erinnert man sich, angesichts dieser kritischen Beurteilungen, an die erste Beschreibung der Behandlung der Apoplexie, wie sie sie Hippokrates im 5. Jahrhundert v. Chr. in einem seiner berühmten Aphorismen beschrieben hat: *«Eine schwere Apoplexie zu heilen, ist unmöglich, eine leichte zu bessern schwierig.»<sup>59,68</sup> Dieser therapeutische Skeptizismus durchzieht mit unterschiedlicher Ausprägung die antiken (Hippokrates, 5. Jh. V. Chr.), spätantiken (Galen, 2.Jh n. Chr.<sup>69,70</sup>), mittelalterlichen (Felix Platter, 1602<sup>71</sup>; Johann Jakob Wepfer, 1658<sup>72</sup>) , frühneuzeitlichen (Leon Rostan, 1820<sup>73</sup>; Rudolf Virchow<sup>73</sup>) und teilweise auch neuzeitlichen Schriften (Hossmann K-A<sup>53</sup>), zur Apoplexie. Der***

hier zitierte hippokatische Aphorismus könnte auch der Schlusssatz jeder aktuellen Publikation zur Wirksamkeit der mechanischen Thrombektomie sein, die gegenwärtig und in Widerspruch zur sie begleitenden Euphorie eine Erfolgsrate von bescheidenen 33% und eine bleibende Morbiditäts- und Mortalitätsrate von 67% aufweist<sup>52</sup>.

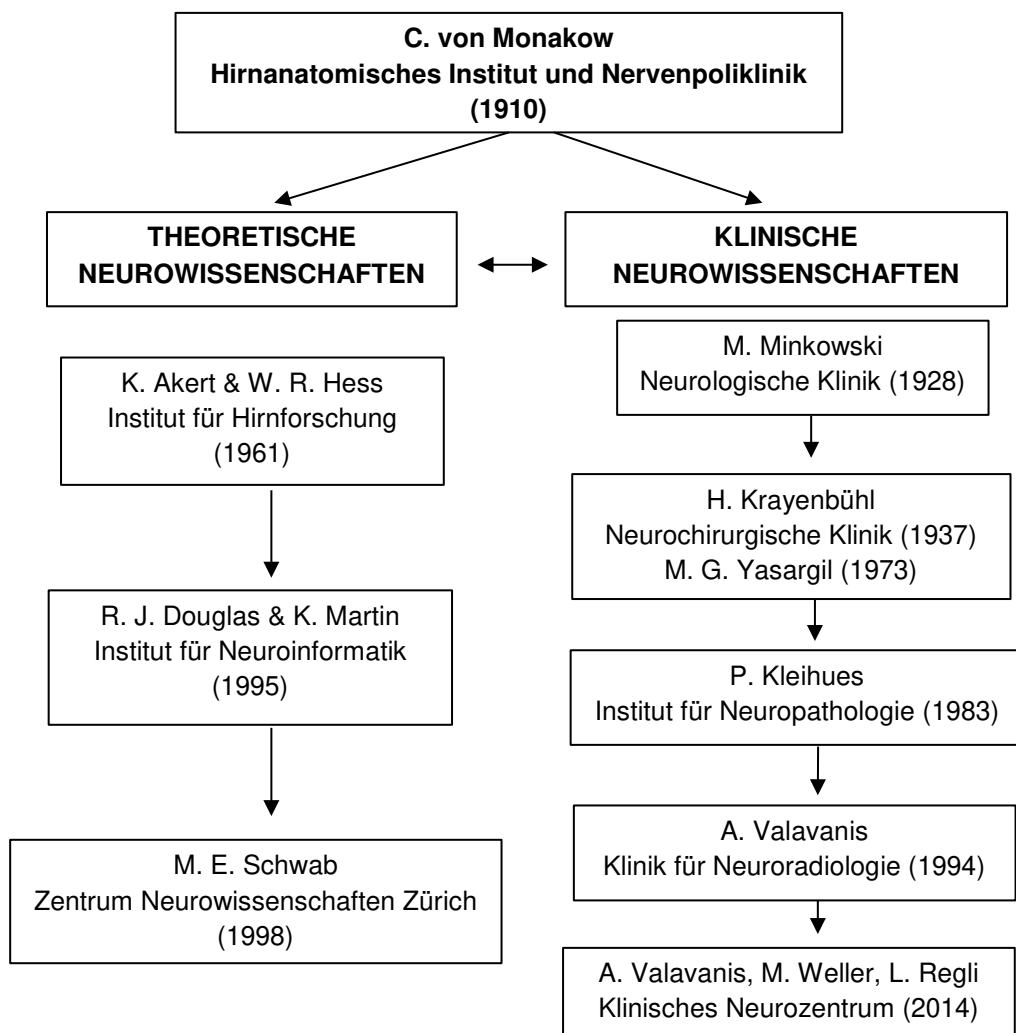
## Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess und die Zürcher Schule der Neurowissenschaft

Die Fortschritte, welche in den letzten Jahrzehnten auf den Gebieten der Hirnforschung und den klinisch-neurologischen Wissenschaften erzielt wurden sowie die grosse, öffentliche Aufmerksamkeit, welche diese andauernd und berechtigterweise finden, begründen einerseits die Neurowissenschaft als eine neue Leitdisziplin an der Schnittstelle zwischen Medizin und Naturwissenschaft, lenken andererseits etwas von den grossen Herausforderungen ab, mit denen die Neurowissenschaft konfrontiert ist. Diese betreffen sowohl die nach wie vor vielen ungelösten Fragen in der Forschungsbemühung die Struktur und die davon abhängige Arbeitsweise des komplexesten lebenden Systems, nämlich des Zentralnervensystems, zu verstehen, als auch die Ursachen und Mechanismen gewisser akuter, mancher bösartiger und vieler chronischer Hirnerkrankungen zu eruieren und folglich erfolgreich zu behandeln. Angesichts dieser, den Neurowissenschaften inhärenten Hürden und Limitationen muss der klinische Neurowissenschaftler, der häufig leicht und schnell entfachten Euphorie über positive präliminäre Forschungsergebnisse oder Behandlungserfolge, eine im Hess'schen Sinne kritische und zugleich bescheidene Haltung gegenüberstellen können. Wie in keinem anderen Gebiet der Medizin sind Selbstkritik und Bescheidenheit als herausragende Persönlichkeitsmerkmale des klinischen Neurowissenschaftlers gefragt. Dazu gehört gemäss Hess aber auch die Erkenntnis, dass die Durchführung eines Forschungsprojektes nicht immer als Realisierung eines von Anfang an disponierten Planes verläuft sowie die Bereitschaft und der Wille sich nicht nach Konjunkturströmungen zu richten<sup>27</sup>. Das Vermächtnis von Walter Rudolf Hess nimmt einen festen Platz in der langen Tradition der Zürcher Neurowissenschaft ein, die mit Constantin von Monakow begonnen hat und über Hess, Krayenbühl, Akert, Baumgartner, Yasargil und Schwab, um nur einige der beteiligten Pioniere zu nennen, zu dem heutigen Zentrum Neurowissenschaften der Universität und ETH Zürich (ZNZ, gegründet 1998) sowie zum Klinischen Neurozentrum des Universitätsspitals Zürich (KNZ, gegründet 2014) geführt hat<sup>28</sup>. Die enge Verknüpfung der beiden Institutionen, der theoretischen (ZNZ) und der klinischen (KNZ), die historisch auf die von Hess 1940 initiierten Gründung der *Zürcher Gemeinschaft für Hirnforschung* zurückreicht, erwies sich für die Interaktion (in heutiger Terminologie: Trans-



lation) als besonders fruchtbar. Sie bildet ein historisch gewachsenes, charakteristisches Merkmal der Zürcher Neurowissenschaften.

### Entwicklung der Zürcher neurowissenschaftlichen Institute, Kliniken und Zentren im 20. und 21. Jahrhundert



## Nachwuchsförderung in der Neurowissenschaft

Schliesslich sei hier auf die von Hess hervorgehobene Verpflichtung der akademischen Lehrer der Neurowissenschaft hingewiesen den dafür geeigneten Nachwuchs in diesem komplexen aber faszinierenden Gebiet der klinischen und theoretischen Neurowissenschaft zu fördern. Im Schlusswort seines Vortrags über die «Funktion und nervöse Regulation der inneren Organe», gehalten am 1. November 1949 in der Aula der Universität Zürich, anlässlich des Festaktes zur Feier der Verleihung des Nobelpreises für Medizin und Physiologie hält er folgendes fest:

«Es soll speziell an die angehenden Jünger der Wissenschaft gerichtet sein, die berufen sind, zu ihrer Zeit, in ihrem Gebiet, unter Einsatz ihrer Veranlagung und unter Ausnützung der ihnen gebotenen äusseren Möglichkeiten die Erkenntnis um einen Schritt voranzubringen»<sup>27</sup>.

Auf die Besonderheit und Schwierigkeiten der Diagnose der Hirnerkrankungen und die sich daraus ergebende Notwendigkeit der Ausbildung des Nachwuchses zu fachkompetenten Ärzten hat als erster Hippokrates in seiner berühmten Schrift «Über die heilige Krankheit», ca. 400 vChr., hingewiesen: *«Daher behaupte ich, dass das Gehirn von den heftigsten, grössten, tödlichsten und für die unerfahrenen Ärzte am schwersten erkennbaren Krankheiten überfallen wird»*.

Entsprechend ist es eine wesentliche Aufgabe des Klinischen Neurozentrums als einer universitär angesiedelten Institution, die Bedingungen zu schaffen und nachhaltig zu gewährleisten, welche eine ungehinderte Forschungsarbeit der daran Interessierten und dafür Qualifizierten zu ermöglichen.

Im Klinischen Neurozentrum wird der vom Hess'schen Vermächtnis abgeleiteten Grundhaltung in der klinischen Neuronosologie, in der neurowissenschaftlichen Forschung und in der Lehre konsequent nachgelebt<sup>21</sup>. Dies obwohl derzeit festzustellen ist, dass der fröhliche Optimismus, welcher von einer grösseren Gruppe prominenter und erfolgreicher Exponenten der neurowissenschaftlichen Forschergemeinschaft propagiert wird, die Hess'schen Tugenden der selbstkritischen Haltung und der skeptischen Bescheidenheit im Klammergriff hat. Aber wie die Geschichte der Neurowissenschaft mit Bezug auf die intrinsischen, sich periodisch wiederholenden Oszillationen in der Haltung der Forscher gegenüber der

Erforschung des Gehirns lehrt, wird es irgendwann einmal wieder umgekehrt sein. Für Letzteres spricht die Hoffnung-gebende Tatsache, dass man in der gegenwärtigen jungen Nachwuchsgeneration gleichermassen bescheiden neuroeuphorischen wie selbstkritischen angehenden Neurowissenschaftlern begegnet. Diese balancierte Haltung zu fördern und den Nachwuchs durch das Dickicht der Unübersichtlichkeiten zu führen sind Hauptverpflichtungen der heutigen Generation der Lehrer, Mentoren und Vorgesetzten gegenüber den angehenden Jüngern der Neurowissenschaft.

Ziel und Kriterium für jede wissenschaftliche Arbeit und damit auch für die Hirnforschung ist in erster Linie die Suche nach der Wahrheit. Sie kann nur gedeihen wenn die Hirnforscher sich im Sinne der von Hess propagierten und gelebten Bescheidenheit bewusst sind, dass, wie schon der vorsokratische Philosoph Xenophanes<sup>29</sup> in seinen sogenannten skeptischen Fragmenten vor über 2000 Jahren postuliert hat, niemand die reine Wahrheit wissen wird und wenn sie aber aus innerer Verpflichtung trotzdem mit aller zu Gebote stehenden intellektuellen Redlichkeit danach suchen.

**Sichere Wahrheit erkannte kein Mensch und wird keiner erkennen  
über die Götter und alle die Dinge, von denen ich spreche.**

**Selbst wenn es einem einst glückt, die vollkommenste Wahrheit zu künden,  
wissen kann er sie nie. Es ist alles durchwebt von Vermutung.**

(Xenophanes ca. 520 vChr., übersetzt von Karl Popper in: Logik der Forschung, 1934)

## Literatur

1. Amunts K., Ebell C., Muller J., Telefont M., Knoll A., Lippert T.: The Human Brain Project: Creating a European Research Infrastructure to Decode the Human Brain. *Neuron*, 92 (3): 574-581; 2016
2. Amunts K, Knoll AC, Lippert T, Pennartz CMA, Ryvlin P, Destexhe A, et al. (2019) The Human Brain Project—Synergy between neuroscience, computing, informatics, and brain-inspired technologies. *PLoS Biol* 17(7): e3000344.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000344>
3. Christen M., Biller-Adorno N., Bringedal B., Grimes K., Savulescu J., & Walter H.: Ethical challenges of simulation-driven Big Neuroscience. *AJOB Neuroscience* 7 (1): 5-17; 2016
4. Des Cartes Renatus.: *De homine. Ex officina Hackiana*, 1664
5. Editorial. The Human Brain Project: mutiny on the flagship. *The Lancet Neurology*. 13 (9): 855; 2014
6. Frégnac Y., and Laurent G.: Where is the brain in the Human Brain Project? *Nature* 513: 27-29; 2014
7. Galison P.: The many facets of Big Science. In: *Big science: The growth of large-scale research*, ed. P. Galison and B. W. Hevly, 1-17; 1992. Stanford CA: Stanford University Press
8. Grillner S.: Megascience efforts and the brain. *Neuron* 82 (6): 1209-1211; 2014
9. Hagner M.: *Der Geist bei der Arbeit. Historische Untersuchungen zur Hirnforschung*. 2. Aufl, 2007, Wallstein Verlag, Göttingen 2006
10. Hagner M.: Open access, data capitalism and academic publishing. *Swiss Med Wkly* 2018; 148w14600
11. HBP Report 2012. The Human Brain Project. A report to the European Commission. Available at: <https://www.humanbrainproject.eu/documents/>
12. Hess W. R., Fischer H.: Brain and Consciousness: A Discussion About the Function of the Brain. *Perspectives in Biology and Medicine*, 17 (1): 109-118; 1973
13. Lim D.: Brain simulation and personhood: A concern with the Human Brain Project. *Ethics and Information Technology* 16: 77-89; 2014
14. Markram H., Frackowiak R., and Meier K.: Big digital science-A roadmap for the brain. 2014. Available at: [http://ec.europa.eu/archives/commission\\_2010-2014](http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014)
15. Marquardt W.: Human Brain Project mediation report. 2015. Available at: <http://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/>
16. Ramon y Cajal S.: *Reglas y Consejos sobre Investigacion Biologia (los tonicos de la voluntad)*, 4th edition (Fortanet : Madrid). See English translation by N. Swanson and L.W.Swanson, *Advice for a young Investigator*, MIT Press: Cambridge, 1999, p.63)
17. Requarth T.: The big problem with “big science” ventures -Like the Human Brain Project. 2015. Available at: <http://nautil.us/blog/>
18. Rose N.: The Human Brain Project: Social and ethical challenges. *Neuron* 82 (6): 1212-1215; 2014
19. Steno N.: *Discourse de Monsieur Stenon sur l' Anatomie du Cerveau*. 1669. Paris: NinvilleTechnical Review Report of the HBP. 2015. Available at: <https://www.humanbrainproject.eu/-/hbp-technical-review-report-now-available>

20. Technical Review Report of the HBP. 2015. Available at:  
<https://www.humanbrainproject.eu/-/hbp-technical-review-report-now-available>
21. Valavanis A.: Jahresbericht 2014 des Klinischen Neurozentrums USZ. 2015, p.1. UniversitätsSpital Zürich
22. Yuste R., Church G. M.: The new century of the brain. *Sci Am* 310 (3): 38-45; 2014
23. Ramón y Cajal, S. : *Charlas de café. Pensamientos, anécdotas y confidencias* / Santiago Ramón y Cajal ed., introd. y notas de Francisco Fuster. – Madrid FCE, 2016
24. von Gudden B.: Über die Frage der Localisation der Functionen der Hirnrinde. *Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie* 42: 478-499, 1986
25. Eccles SJ: in CIBA Foundation Symposium on the Neurological Basis of Behavior. Little, Brown: Boston, 1958, p. 24
26. Hess W.R.: From medical practice to theoretical medicine: an autobiographic sketch. *Perspect Biol Med.* 6: 400-423, 1963
27. Hess W.R.: Funktion und nervöse Regulation der inneren Organe. *Vierteljahrsschr. der Naturforsch. Gesellsch. Zürich.* 4: 250-264, 1950
28. Valavanis A.: Meilensteine der Entwicklung der Zürcher Neurowissenschaften. In: Jahresbericht 2017 des Klinischen Neurozentrums USZ. pp. 5-12
29. Xenophanes.: In: M. Laura Gemelli Marciano: *Die Vorsokratiker*, Band 1, pp. 222-283, Artemis und Winkler Verlag, Düsseldorf, 2007
30. Anderson A.: Brain research. Heading for the nineties. *Nature.* 346 (6282): 304
31. Jones E.G., Mendell L.M.: Assessing the Decade of the Brain. *Science.* 284 (5415):739, 1999
32. [braininitiative.nih.gov](http://braininitiative.nih.gov)
33. Poo M.: Whereto the mega brain projects. *National Science Review.* 1: 12-14, 2014
34. Goethe J.W.von.: *Bildung und Umbildung organischer Naturen*, 1807
35. Russell E.S.: *Form and Function*. London: Murray; 1916.
36. Puelles L., Alonso A., Garcia-Calero E., Martinez-de-la-Torre, M.: Concentric ring topology of mammalian cortical sectors and relevance for patterning studies. *J Comp Neurol.* 1-22, 2019
37. von Monakow C.: Über Hirnforschungsinstitute und Hirnmuseen. *Arbeiten aus dem Hirnanatomischen Institut in Zürich.* VI: 1-27, 1912
38. Die Universität Zürich 1933 – 1983. Festschrift zur 150-JahrFeier der Universität Zürich. Herausgegeben vom Rektorat der Universität Zürich, 1983
39. *Zürcher Spitalgeschichte*, Band 3. Herausgegeben vom Regierungsrat des Kantons Zürich 2000, Zürich
40. Jäggi M.: in primo loco. *Geschichte der Medizinischen Fakultät Zürich 1833-2003.* Rüffer und Rub, Sachbuchverlag, Zürich, 2004
41. Yasargil M.G.: A Legacy of Microneurosurgery: Memoirs, Lessons, and Axioms. *Neurosurgery* 45 (5): 1025-1091, 1999
42. Hess, W.R.: *Photogrammatlanten von Stammganglien und Zwischenhirn der Katze*, Standardserie. Physiologisches Institut Zürich 1926
43. Hagner M. und Borck C.: «Brave Neuro Worlds. Historische Untersuchungen zur Hirnforschung». In: Hagner M. *Der Geist bei der Arbeit. Historische Untersuchungen zur Hirnforschung.* Göttingen, S. 17-37, 1999/2006
44. Koskinas, G. N. *Scientific Works Published in German: their Analyses and Principal Assessments by Eminent Scientists.* Athens: Pyrsus Publishers. 1931

45. Triarhou, L. C.: The Comparative Neurology of Neocortical Gyration and the Quest for Functional Specialization. *Front Syst Neurosci.* 2017 Dec 18;11:96. doi: 10.3389/fnsys.2017.00096. eCollection 2017
46. Ioannidis JP. Why most published research findings are false. *PLoS Med.* 2005 Aug;2(8):e124.
47. Button KS, Ioannidis JP, Mokrysz C, Nosek BA, Flint J, Robinson ES, Munafò MR.: Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nat Rev Neurosci.* 2013 May;14(5):365-76
48. Anders Eklund , Thomas E Nichols, Hans Knutsson.: Cluster Failure: Why fMRI Inferences for Spatial Extent Have Inflated False-Positive Rates. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2016 Jul 12;113(28):7900-5
49. Botvinik-Nezer R, et al.: Variability in the analysis of a single neuroimaging dataset by many teams. *Nature.* 582; 84-88, 2020
50. Lindquist M.: Pipeline choices alter neuroimaging findings. *Nature.* 582: 36-37, 2020
51. Fiehler J., Gerloff C.: Mechanical thrombectomy in stroke *Dtsch Arztebl Int* 2015; 112: 830-6
52. Mitha AP, Wong JH, Hill MD, Goyal M.J Introducing a new era of ischemic stroke care. *Neurosurg.* 2016Aug;125(2):508-11.
53. Hossmann K.A.: The bistable network model of brain ischemia. *J Exp Stroke Transl Med.* 2010; 3(1):56-
54. Degracia DJ. Towards a dynamical network view of brain ischemia and reperfusion. Part I: background and preliminaries. *J Exp Stroke Transl Med.* 2010 Mar 15;3(1):59-71.
55. Degracia DJ. Towards a dynamical network view of brain ischemia and reperfusion. Part II: a post-ischemic neuronal state space. *J Exp Stroke Transl Med.* 2010;3(1):72-89
56. Degracia DJ. Towards a dynamical network view of brain ischemia and reperfusion. Part III: therapeutic implications. *J Exp Stroke Transl Med.* 2010;3(1):90-103
57. Degracia DJ Towards a dynamical network view of brain ischemia and reperfusion. Part IV: additional considerations. *J Exp Stroke Transl Med.* 2010 Mar 15;3(1):104-114
58. Degracia DJ.: A program for solving the brain ischemia problem. *Brain Sci.* 2013 Apr 8;3(2):460-503
59. Chadwick J., and Mann W., N.: The medical Works of Hippocrates. Aphorisms, Section II. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1950, p. 154
60. Jäncke L.: Neue Zürcher Zeitung vom 13.05.2009. p. 10
61. Hasler F.: Neuromythologie. Eine Streitschrift gegen die Deutungsmacht der Hirnforschung. E.Book transcript Verlag, Bielefeld 2013
62. Shapiro M, Raz E, Nossek E, et al. Neuroanatomy of the middle cerebral artery: implications for Thrombectomy. *J NeuroIntervent Surg* 2020;0:1–7. doi:10.1136/neurintsurg-2019-015782
63. Bang O. Y., Saver J.L., Kim S.J., et al.: Collateral Flow Predicts Response to Endovascular Therapy for Acute Ischemic Stroke. *Stroke.* 2011;42:693-699
64. Kendall BE, Pullicino P. Intravascular contrast injection in ischemic lesions. II. Effect on prognosis. *Neuroradiology.* 1980;19(5):241-3.

65. Kurosawa Y et al. Intra-Arterial Iodinated Radiographic Contrast Material Injection Administration in a Rat Middle Cerebral Artery Occlusion and Reperfusion Model. *Stroke*. 2010;41:1013-1017
66. Khatri R., Khatri P., Broderick J.P., et al.: Microcatheter contrast injections during intraarterial thrombolysis increase parenchymal hematoma risk: registry experience. *Stroke*. 2007; 38: 454
67. Lüthi Theres: Wettrennen um das Gehirn. *NZZ*, 9.3.2014
68. *Corpus Hippocraticum: Aphorismi* 11,42; *Littre Bd. IV*, S. 482-483.
69. Galen: *Claudii Galeni opera omnia*. Hrsg. v. Carl Gottlob Kühn. 20 Bde. in 22. C. Cnobloch, Leipzig 1821-1833. Hier: *De locis affectis* 111, 14;
70. Karenberg, Axel: Reconstructing a doctrine: Galen on apoplexy. *J. Hist. Neurosci.* 3 (1994) 86 -101.
71. Platter, Felix: *Praxeos seu de cognoscendis, praedicendis, praecavendis curandisque affectibus hominis incommodantibus tractatus* 111. Basel 1602 -1608.
72. Wepfer, Johann Jakob: *Observationes anatomicae ex cadaveribus eorum quos sustulit apoplexia*. Suter, Schaffhausen 1658
73. Schiller, Francis: Concepts of stroke before and after Virchow. *Med. Hist* (1970) 115 - 131
74. Abi-Rached JM.: The implications of the new brain sciences. The 'Decade of the Brain' is over but its effects are now becoming visible as neuropolitics and neuroethics, and in the emergence of neuroeconomies. *EMBO Rep.* 2008 Dec; 9(12): 1158–1162
75. Abi-Rached JM. and Rose N.: The birth of the neuromolecular gaze. *History of the human sciences*. 2010; 23 (1): 11-36

**Anschrift des Verfassers**

Prof. em. Dr. med. Anton Valavanis

Klinisches Neurozentrum

UniversitätsSpital Zürich

CH-8091 Zürich

e-mail: antonios.valavanis@usz.ch